Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 14, No. 1, Apr. May. 2018, p. 207- 217

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد 14، شماره 1، فروردین-اردیبهشت 1397 ص. 217-207

اثر افزودن فیبرهای خوراکی گندم و جودوسر برکیفیت و جلوگیری از تغییر شکل میگوی تقلیدی حین فرآیند سرخ کردن عمیق

سکینه حیدری[1]- بهاره شعبانپور[2*]- پرستو پورعاشوری[3]

تاریخ دریافت: 1395/06/23
تاریخ پذیرش: 1396/04/03

چکیده

یکی از مهم‌ترین عوامل موثر در تهیه محصولات سوخاری، فرآیند سرخ کردن می‌باشد. سرخ کردن عمیق با حرکت توده آبی جدا شده از درون فرآورده به سمت خارج می‌تواند موجب تغییر شکل و شکستگی پوسته محصولات سوخاری گردد از این رو مطالعه حاضر به‌منظور بررسی اثر افزودن فیبرهای خوراکی گندم و جودوسر برکیفیت و جلوگیری از تغییر شکل فرآورده تقلیدی میگو، به‌عنوان یک محصول با ارزش افزوده تهیه شده از سوریمی، در طی سرخ عمیق، انجام شد. میگوهای تقلیدی از سوریمی ماهی فیتوفاگ به روش ترکیبی- قالبی با تهیه رشته از سوریمی، در پنج تیمار شامل یک تیمار فاقد فیبر و چهار تیمار دیگر دارای 5 و 6 درصد فیبرجودوسر وگندم تهیه، پوشش‌دهی، پیش سرخ و منجمد گردیدند. به‌منظور انجام آزمایشات، میگوهای تقلیدی انجمادزدایی شده و به‌صورت نهایی سرخ شدند. ارزیابی‌ها نشان داد که بیشترین میزان رطوبت و کمترین میزان چربی در تیمارهای حاوی 6 درصد فیبرگندم به‌ترتیب 49/06 و 5/51 و فیبر جودوسر به‌ترتیب 49/56 و 6/47 مشاهده شدند (p<0/05). تیمار 6 درصد فیبر جودوسر فاقد چروکیدگی (0%) و بیشترین درصد چروکیدگی در تیمار شاهد مشاهده گردید (p<0/05). ویژگی‌های بافتی محصول مانند سختی، خاصیت چسبندگی، حالت جویدنی و خاصیت ارتجاعی با افزودن فیبر نسبت به شاهد افزایش یافت؛ اما این ویژگی‌ها در نمونه حاوی فیبر جودوسر در مقابل گندم افزایش بیشتری داشت (p<0/05). از نظر ارزیابی حسی تفاوتی در بین تیمارها مشاهده نشد (p<0/05). نتایج بر تاثیر استفاده از فیبرها در جذب رطوبت و جلوگیری از تغییر شکل فرآورده‌های تولیدی دلالت داشت و افزودن فیبرجودوسر 6 درصد در مقایسه با فیبرگندم بر خواص بافتی و تغییر شکل ناشی از سرخ شدن اثر مطلوب‌تری داشت و به‌عنوان تیمار بهینه ارزیابی گردید.

واژه‌های کلیدی: خواص بافتی و فیزیکی، فیبر خوراکی، میگو تقلیدی

مقدمه

نرم‌تنان وسخت‌پوستان فرآورده‌های غذایی دریایی هستند که به دلیل طعم منحصر به فرد از مطلوبیت زیادی نزد مصرف‌کنندگان برخوردارند. اخیرا غذاهای دریایی مشابه‌سازی شده که به‌عنوان فرآورده‌های تقلیدی شناخته می‌شوند به دلیل ارزانی محبوبیت زیادی کسب کرده‌اند (Remya *et al*., 2015). فرآورده‌های تقلیدی از منابع کم‌هزینه از جمله سوریمی[4] تولید می‌شوند و به تقلید از مواد غذایی گران و لوکس طراحی شده‌اند. سوریمی به پروتئین‌های میوفیبریل مخلوط با محافظ سرمایی اطلاق می‌شود و از طریق شستشوی ماهی چرخ‌شده به‌منظور حذف خون، لیپیدها، آنزیم‌ها و پروتئین‌های سارکوپلاسمیک تهیه می‌شود (Tahergorabi *et al*., 2012) و ماده خام بالقوه‌ای برای تهیه محصولات متنوع است که به دلیل خواص بافتی منحصربه فرد و همچنین ارزش غذایی بالا شهرت یافته است (Remya *et al*., 2015). میگوی تقلیدی[5] شبیه میگوی واقعی است که از سوریمی به اضافه مواد مناسب دیگر به‌منظور اصلاح طعم و بافت تهیه شده است (Remya *et al*., 2015) و پس از شکل‌دهی (به شکل میگو)، آن را بسته‌بندی و تحت فرایند حرارتی قرار می‌دهند.

یکی از مهم‌ترین عواملی که در تهیه محصولات سوخاری و لعاب‌دهی‌شده اثرگذار است، فرآیند حرارت‌دهی محصول می‌باشد. در ابتدای فرآیند حرارت‌دهی، گرمای زیاد موجب می‌شود تا آب موجود در نزدیک سطح ماده غذایی به بخار تبدیل شده و از ماده غذایی خارج گردد. ادامه این پدیده موجب می‌شود تا آب موجود در قسمت‌های

1، 2 و 3- به‌ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد ، استاد و استادیار، گروه فرآوری محصولات شیلاتی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
(*- نویسنده مسئول: Email: b_shabanpour@yahoo.com)
DOI: 10.22067/ifstrj.v1396i0.58850

4 surimi

5 shrimp analogue

مرکزی ماده غذایی به دلیل فشار داخلی از طریق کانال‌های موجود در ماده غذایی به سمت قسمت‌های سطحی شود. در نتیجه رطوبت بخش‌های داخلی ماده غذایی، میزان خروج بخار آب کاهش می‌یابد. بنابراین روغن به ماده غذایی چسبیده و متناسب با مقدار آبی که ماده غذایی از دست داده، وارد منافذ ریز و درشت موجود در ماده غذایی می‌شود (Saguy & Pinthus, 1995; Mellema, 2003; Debnath *et al*., 2003). بنابراین بین میزان رطوبت و جذب روغن رابطه معکوس وجود دارد، به‌طوری که هر چه میزان رطوبت ماده غذایی در پایان فرآیند سرخ‌کردن بالاتر باشد، محصول نهایی حاوی روغن کمتری خواهد بود (Mellema, 2003; Akdeniz *et al*., 2006). در فرآورده‌های سوخاری نیز در طی سرخ‌کردن عمیق، آب از لایه‌های زیرین تبخیر و به سطح محصول می‌رسد و از فرآیند تبخیر توسط پوسته سوخاری محصول جلوگیری می‌شود، اما در طی فرآیند به دلیل انباشت بخار پوسته سوخاری ترک برمی‌دارد و کانال‌هایی ایجاد می‌شود که روغن وارد و آب از محصول خارج می‌شود (Lalam *et al*., 2013). Ježek و همکاران (2009) بیان کردند که علاوه بر اثر زمان سرخ‌کردن در ایجاد تخلخل و جذب روغن، ترکیب مواد تشکیل‌دهنده، در جذب روغن و کاهش تخلخل موثر است. در این مطالعه با افزودن نشاسته برنج، پکتین و فیبر چغندرقند در درصدهای مختلف به گوشت مرغ پوشش داده شده و سرخ‌شده در زمان‌های مختلف، جذب روغن کاهش یافت. Sharma و Talukder (2010) بیان کردندکه افزودن 10 تا 15 درصد آردگندم و جودوسر به کلوچه‌های مرغ[1] کبابی و بخارپز شده مناسب و در کاهش جذب روغن در محصول موثر می‌باشد.

یکی از افزودنی‌هایی که در طراحی برخی مواد غذایی استفاده می‌شوند، فیبرهای خوراکی هستند. فیبرخوراکی بخش خوراکی گیاهان یا کربوهیدرات‌های مشابه و نیز بخش خوراکی جانوران (مانندکیتوزان) که به هضم و جذب در روده کوچک انسان مقاوم بوده و به‌طور کامل یا جزئی در روده بزرگ تخمیر می‌شوند (Debusca *et al*., 2014). فیبرهای خوراکی شامل پلی‌ساکاریدها، الیگوساکاریدها، لیگنین و ترکیبات گیاهی مرتبط با سلامت انسان هستند (Debusca *et al*., 2014). از دیگر اثرات مصرف فیبر در رژیم غذایی کاهش بیماری‌های قلبی، دیابت، چاقی و برخی از سرطان‌ها است (Tosh & Yada *et al*., 2010). فیبر خوراکی همچنین می‌تواند موجب بهبود برخی خواص عملکردی مثل افزایش ظرفیت نگهداری آب، ظرفیت نگهداری روغن، امولسیون‌سازی، تشکیل ژل، تغییر خواص بافتی، جلوگیری از سینرسیس (جدایی مایع از یک ژل ناشی از انقباض)، ثبات موادغذایی پرچرب و امولسیون و بهبود مدت ماندگاری در مواد غذایی می‌شود (Elleuche *et al*., 2014). بنابراین یکی از تکنیک‌هایی که به منظور افزایش کیفیت و جلوگیری از تغییر شکل میگو تقلیدی پیشنهاد می‌شود، افزودن فیبرهای خوراکی است که موجب افزایش جذب آب وکاهش جذب روغن توسط محصول می‌شود و از تغییر شکل محصول تحت تاثیر فرایند سرخ شدن جلوگیری می‌کند.

از آنجاییکه استفاده از فیبرهای رژیمی در سطوح مختلف اثرات بافتی متفاوتی دارند و به دلیل نو بودن استفاده از فیبر در محصول میگوی تقلیدی، هدف از این تحقیق بررسی افزودن فیبرهای خوراکی بر کیفیت و جلوگیری از تغییر شکل فرآورده تقلیدی میگو حاصل از سوریمی ماهی فیتوفاگ در طی سرخ‌کردن عمیق می‌باشد.

مواد و روش‌ها

ماهی کپورنقره‌ای به مقدار 10 کیلوگرم در پاییز سال 1394 با وزن تقریبی100±1200گرم و متوسط طول 5 ± 45 سانتی‌متر از بازار ماهی گرگان خریداری و بلافاصله پوست‌کنی، فیله و شستشو شد و همراه با یخ به آزمایشگاه فرآوری دانشگاه علوم‌کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انتقال یافت. پس از استخوان‌گیری، جداسازی گوشت قرمز از فیله و شستشو، فیله ماهی با استفاده از چرخ گوشت خانگی مدل (Bosch, Germany) با قطر سوراخ‌های 5 میلی‌متر، چرخ شد. سوریمی با روش Hema و همکاران (2015) با کمی تغییرات تهیه شد. گوشت چرخ شده ماهی با آب 4 درجه‌سانتی‌گراد به نسبت 1:3 (آب:گوشت چرخ شده) مخلوط شد. این مخلوط به مدت 5 دقیقه توسط قاشق همزده شد و پس از 5 دقیقه همزدن، توسط تور تنظیف با فشار دادن دستی آبگیری صورت گرفت. این عمل سه بار تکرار شد و در آخرین مرحله به آب مورد استفاده در شستشو 0/3 درصد نمک جهت آبگیری بهتر اضافه شد.

تهیه میگوی تقلیدی

نیمی از سوریمی انجمادزدایی شده در دستگاه غذاساز (سایا، ایران) با سرعت کم در مدت 6 دقیقه خرد و مخلوط شد و بعد از 1 دقیقه اول 2% نمک به آن اضافه شد. سپس فیبرهای خوراکی جودوسر و گندم (فیبرگندم محتوای 94/6% فیبر، رطوبت کمتر از 7/5%، چربی کمتر از 0/1% و پروتئین کمتر از 0/4%؛ فیبر جودوسر محتوای 90% فیبر، رطوبت کمتر از 6/5%، چربی کمتر از 0/1% و پروتئین 0/4% و هر دو فیبر با طول 250 میکرومتر از شرکت دانش‌آوران فاتح خریداری گردید) به میزان 5 و 6 درصد به خمیر اضافه و مخلوط گردید. خمیر تولیدی در پوشش‌های پلاستیکی با قطر 2/5 سانتی‌متر قرارگرفت و به‌منظور انعقاد به حمام آبی (Memmert GmbH Type WNB14, Germany) انتقال یافت (Remya *et al*., 2015). در ابتدا در حمام آبی با دمای 35

1 chicken meat pattiess

درجه‌سانتی‌گراد به مدت 1 ساعت و سپس به حمام آب 90 درجه‌سانتی‌گراد به مدت 20 دقیقه قرار گرفت (زمانی‌نژاد و همکاران، 1394). سپس تیمارهای تولیدی سرد شده و با چاقوی استیل تیز رشته شدند (Remya *et al.*, 2015).

نیم دیگر سوریمی به پنج قسمت تقسیم و هر قسمت جداگانه به مدت 1 دقیقه در دستگاه غذاساز مخلوط گردید و سپس 2% نمک اضافه شد و عمل مخلوط کردن 1 دقیقه دیگر ادامه یافت و متعاقبا سدیم‌تری‌پلی‌فسفات به میزان 0/2%، 1% شکر، 2/5% روغن و 2% طعم میگو (به‌صورت گوشت خرد شده میگو) اضافه و مخلوط شد (Remya *et al.*, 2015). سپس فیبر جودوسر[1] و فیبرگندم[2] در مقادیر 5 و6 درصد به هر تیمار اضافه شد. نمونه شاهد فاقد فیبر بود. هر یک از نمونه‌ها به‌خوبی به مدت 2 دقیقه همزده شد و خمیر هر تیمار به نسبت 1:1 با رشته‌ها مخلوط شدند سپس خمیر هر تیمار در قالب‌های جداگانه پهن شد (Remya *et al.*, 2015) و به‌منظور انعقاد به حمام آب 35 درجه‌سانتی‌گراد برای 1 ساعت و سپس به حمام آب 90 درجه‌سانتی‌گراد برای 20 دقیقه منتقل شد. سپس سرد و به شکل میگو قالب زده شدند.

میگوی تقلیدی لعاب‌دهی و سوخاری شده

میگوهای تقلیدی آردزنی اولیه شده، در لعاب غوطه‌ورگردیدند. تهیه لعاب به روش Chen و همکاران (2008) با کمی تغییر انجام گرفت. پس از یک دقیقه و چکیدن لعاب اضافی، توسط آرد سوخاری پوشش داده شدند. پس از کامل شدن روکش، میگوهای تقلیدی با استفاده از روغن گیاهی در سرخ‌کن (Moulinex Toucan ADR2) به مدت 30 ثانیه تحت دمای 180 درجه‌سانتی‌گراد به‌صورت مقدماتی به روش سرخ‌کردن عمیق سرخ شدند و پس از خنک شدن در دمای محیط، هر تیمار جداگانه درون بسته‌های زیپ‌کیپ بسته‌بندی شده و در فریزر 20- (هیمالیا F305، ایران) درجه‌سانتی‌گراد منجمدگردید. پس از گذشت یک روز از انجماد به منظور سرخ‌کردن مجدد، میگوهای تقلیدی به مدت یک شب دریخچال (4°C) انجمادزدایی (Sanjua´s-Rey *et al.*, 2012) شدند و در سرخ‌کن به مدت سه دقیقه تحت دمای 180 درجه‌سانتی‌گراد به روش سرخ‌کردن عمیق سرخ شده و تحت آزمایشات به شرح زیر جهت ارزیابی کیفی و تعیین اثرات افزودن فیبرهای خوراکی قرارگرفتند: تعیین ترکیب تقریبی متشکله (رطوبت، چربی، پروتئین و خاکستر)، pH، بازده محصول، درصد جذب لعاب، چروکیدگی، رطوبت تحت فشار، بافت‌سنجی، رنگ‌سنجی و ارزیابی حسی انجام شد.

1 Oat fiber

2 wheat fiber

اندازه‌گیری ترکیب تقریبی

پروتئین خام به روش کلدال با استفاده از دستگاه هضم و تقطیرکلدال (Gerhardt,type VAP.40 Germany) (AOAC, 1990). چربی خام با استفاده از پترولیوم اتر و دستگاه سوکسله (Gerhardt, type SE-416, Germany) (پروانه، 1377)، رطوبت با استفاده از دستگاه آون (Binder, USA) در دمای 105°C به مدت 24 ساعت (پروانه، 1377) و خاکستر با استفاده از کوره الکتریکی (Nabertherm, Germany) در دمای 550°C به مدت 8 ساعت (AOAC, 1990) اندازه‌گیری شدند.

pH

5 گرم از نمونه در 45 میلی‌لیتر آب مقطر هم‌زده و یکنواخت شده سپس با استفاده از دستگاه pHمتر دیجیتالی (728 Lat Stirrer Metrohm)، در دمای اتاق pH نمونه‌ها اندازه‌گیری شد (Das et al., 2008).

بازده محصول

نمونه هر تیمار قبل و بعد از سرخ‌کردن نهایی توزین شد. مقدار بازده محصول طبق فرمول زیر به‌صورت درصد محاسبه گردید (Das *et al.*, 2008).

(1) 100× (وزن نمونه سرخ شده مقدماتی/وزن نمونه سرخ شده نهایی)=بازده محصول (درصد)

درصد جذب لعاب

این آزمایش به‌منظور مشخص‌کردن مقدار لعاب چسبیده شده به سطح نمونه‌ها انجام می‌گردد. نمونه هر تیمار انجمادزدایی شده، جداگانه وزن می‌شود، سپس آردزنی اولیه، لعاب‌دهی‌شده و مجدداً وزن می‌شود. درصد جذب لعاب طبق فرمول زیر محاسبه می‌گردد (chen *et al.*, 2008).

(2) 100×[(وزن نمونه لعاب‌دهی شده)/ (وزن نمونه فاقد لعاب– وزن نمونه لعاب‌دهی‌شده)]=جذب لعاب (درصد)

چروکیدگی

قطر و ضخامت نمونه‌های هر تیمار قبل و بعد از سرخ‌کردن نهایی اندازه‌گیری شد و به کمک فرمول زیر مقدار چروکیدگی محاسبه گردید (Modi *et al.*, 2007).

(3) چروکیدگی(درصد)= [(ضخامت نمونه سرخ شده مقدماتی- ضخامت نمونه سرخ شده نهایی)+ (قطر نمونه سرخ شده مقدماتی- قطر نمونه سرخ شده نهایی)]/(قطر نمونه سرخ شده مقدماتی+

ضخامت نمونه سرخ شده مقدماتی) ×100

رطوبت تحت فشار

با توجه به روش Benjakul و همکاران (2001) اندازه‌گیری شد. یک نمونه با ابعاد ($1×1cm^2$) از مرکز یک نمونه نیمه منجمد جدا شده و دقیقا وزن شد (W_1)، نمونه در دمای اتاق تا 20 درجه‌سانتی‌گراد گرم شد و بین دو کاغذ صافی واتمن شماره 41 قرارگرفت و بالا و پایین کاغذ صافی دو عدد تخته مسطح قرار گرفت. یک وزنه استاندارد مجموعا یک کیلوگرمی به مدت 2 دقیقه روی آن قرار داده شد، سپس نمونه به دقت وزن شد (W_2)، و طبق فرمول زیر رطوبت تحت فشار محاسبه گردید:

(4) ×100 وزن اولیه/ (وزن ثانویه - وزن اولیه) = رطوبت تحت فشار

بافت‌سنجی

یک نمونه با طول 25 میلی‌متر تهیه گردید. سختی، خاصیت ارتجاعی، نیروی چسبندگی، بهم پیوستگی، حالت جویدنی، خاصیت چسبندگی با استفاده از دستگاه بافت‌سنج Brook field مدل LFRA 4500 با سلول بار 4/5 کیلوگرم مجهز به پروب سیلندری با قطر 50/8 میلی‌متر و سرعت 1 میلی‌متر بر ثانیه با 50% تغییر شکل فشاری اندازه‌گیری شد (Jafarpour & Gorczyca, 2008).

رنگ‌سنجی

رنگ نمونه‌ها توسط دستگاه رنگ‌سنج (Lovibond CAM-system, England 500) مورد آنالیز قرار گرفت. متغیر *L برای بیان شاخص روشنایی گوشت از صفر (بعد سیاهی) تا 100 (بعد سفیدی)، شاخص *a برای بیان بعد قرمزی-سبزی (*a+ نشان‌دهنده قرمزتر و *a– نشان‌دهنده سبزتر) و شاخص *b برای بیان بعد زرد-آبی (*b+ نشان‌دهنده زردتر و *b– نشان‌دهنده آبی‌تر) می‌باشد و فاکتور سفیدی به طریق زیر محاسبه گردید (Lou *et al.*, 2004).

$$\text{سفیدی} = 100 - [(100 - L^*)^2 + (a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2} \quad (5)$$

ارزیابی حسی

به‌منظور ارزیابی شاخص‌های حسی مانند رنگ، بافت، تردی، طعم، ظاهر و پذیرش‌کلی نمونه‌ها از مقیاس توصیفی هشت نقطه‌ای استفاده شد (Das *et al.*, 2008). میگوهای تقلیدی در دمای 180 درجه‌سانتیگراد به مدت 3 دقیقه سرخ شدند و توسط هفت نفر از دانشجویان دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان مورد ارزیابی قرار گرفتند. ارزیابان به شاخص‌های حسی از یک تا هشت امتیاز دادند (بی‌نهایت بد: 1، بی‌نهایت عالی: 8).

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

در این تحقیق تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS ورژن 16 با استفاده از تجزیه واریانس یک‌طرفه (ANOVA) انجام شد و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال 0/05= α انجام گرفت.

نتایج و بحث

ترکیب شیمیایی و pH میگوی تقلیدی

با توجه به نتایج به‌دست آمده از جدول 1 با افزایش سطح فیبر درصد رطوبت افزایش یافت ($p<0/05$). چربی در تیمارهای مختلف میگوی‌تقلیدی، با افزایش سطح فیبر در مقایسه با نمونه شاهد کاهش یافت ($p<0/05$). فرآورده‌های سوخاری به دلیل فرایند سرخ شدن در روغن و جذب روغن، محتوی چربی بالایی دارند (Song *et al.*, 2011). طی فرایند سرخ‌کردن، افزایش دمای داخلی غذا باعث تبخیر رطوبت و تشکیل منافذی در پوسته سوخاری می‌شود و با نفوذ روغن به درون این منافذ، مقدار روغن محصول افزایش و مقدار رطوبت کاهش می‌یابد (Chen *et al.*, 2008). مطالعات نشان داد که تفاوت در محتوای رطوبت نمونه‌ها توسط فیبر به دلیل تفاوت در جذب و حفظ رطوبت با توجه به نوع گوشت و روش پخت می‌باشد (Talukder & Sharma, 2011). به‌نظرمی‌رسد افزودن فیبر به میگوی تقلیدی با به دام انداختن مولکول‌های آب، مانع از خروج رطوبت طی فرایند سرخ‌کردن می‌گردد که منجر به حفظ رطوبت بالاتر طی فرایند سرخ‌کردن و به همان نسبت جذب روغن کمتر می‌گردد. در مطالعه Karlović و همکاران (2009)، با افزودن 10 درصد نشاسته برنج به گوشت مرغ روکش‌دار و سرخ شده و مطالعه Ježek و همکاران (2009) با افزودن نشاسته برنج در مقادیر6 تا 10 درصد، پکتین و فیبر چغندرقند در مقادیر5 تا 9 درصد به گوشت مرغ پوشش داده شده و سرخ‌شده در زمان‌های مختلف، درصد چربی نمونه‌ها کاهش یافت که همسو با نتایج یافته‌های تحقیق حاضر می‌باشند. در سایر مطالعات افزودن فیبر گندم به ژل سوریمی ماهی مرکب (Alakhrash *et al.*, 2016) و افزودن فیبر جودوسر به ژل سوریمی ماهی آلاسکاپولاک (Sanchez-Alonso et al., 2007) تاثیری در رطوبت نمونه‌ها نداشت.

پروتئین در نمونه‌های مختلف تفاوت معنی‌داری را نشان نداد ($p>0/05$) و بیشترین مقدار پروتئین را تیمار دارای فیبر جودوسر داشت. عدم وجود تغییرات معنی‌دار بر میزان پروتئین میگوهای تقلیدی احتمالاً به دلیل پوسته محکم سوخاری تشکیل‌شده طی فرایند سرخ‌کردن مقدماتی است که مانع خروج بیش از اندازه رطوبت محصول و تغییر میزان پروتئین می‌گردد. تفاوت مشاهده شده در مقدار پروتئین تیمارهای مختلف در تحقیقات سایر محققین به افزودن فیبر در مقادیر مختلف نسبت داده شد (Sa´nchez-Alonso *et al.*,

2007). در مطالعه Yılmaz و همکاران (2003) افزایش سطح فیبر جودوسر به کوفته‌های گوشت گوساله سبب کاهش درصد رطوبت و افزایش درصد پروتئین گردید.

خاکستر مواد غذایی مجموعه‌ای از مواد معدنی موجود در غذا نظیر سدیم، فسفر و آهن بوده که در گوشت به عنوان ماده خام و یا در سایر مواد متشکله نظیر نمک و ادویه موجود می‌باشد (Fernández-López *et al*., 2006). نتایج خاکستر تیمارهای مختلف نشان دادکه بین تیمارهای حاوی فیبر و تیمار شاهد تفاوت معنی‌دار وجود دارد (p<0/05) و با افزایش سطح فیبر مقدار خاکستر کاهش می‌یابد. این نتایج با مطالعه Alakhrash و همکاران (2016) با افزودن فیبر جودوسر به سوریمی ماهی آلاسکاپولاک مطابقت داشت.

مقدار pH تیمارهای مختلف نسبت به شاهد اختلاف معنی‌داری را نشان دادند (p<0/05) و با افزایش سطح فیبرها مقدار pH افزایش یافت. افزایش pH را Cadun و همکاران (2015) در کلوچه ماهی[1] نگهداری شده در یخچال و دارای فیبرگندم گزارش کردند. با افزایش سطح فیبرگندم و جودوسر در کلوچه مرغ[2] کبابی شده، کاهش رطوبت، پروتئین و چربی و افزایش خاکستر و pH مشاهده گردید (Talukder & Sharma *et al*., 2010).

بازده محصول، چروکیدگی، جذب لعاب و رطوبت تحت فشار

نتایج این بخش از مطالعه در جدول 2 آمده است. اندازه‌گیری بازده محصول یکی از شاخص‌های مهم ارزیابی محصولات لعاب‌دهی و سوخاری شده است که با مقدار وزن نهایی محصول ارتباط مستقیمی دارد (جمشیدی و همکاران، 1391) و برای مصرف‌کنندگان و تولیدکنندگان از نظر اقتصادی حائز اهمیت است (Das *et al*., 2008).

میزان بازده محصول در تیمارهای دارای فیبر با افزایش سطح فیبر نسبت به شاهد افزایش یافت (p<0/05). Talukder & Sharma (2010) دریافتند که با افزایش سطوح فیبر جودوسر و گندم بازده پخت افزایش می‌یابد. همچنین افزودن فیبر جودوسر و گندم در برگرهای گوشت گاو بازده پخت را با کاهش آب از دست رفته هنگام پخت افزایش داد (Mansour & Khalil *et al*., 1999). به‌نظر می‌رسد بازده محصول در تیمارهای حاصل متاثر از تغییرات میزان رطوبت و چربی طی فرایند سرخ‌کردن بود. به‌طوری‌که تیمارهای دارای فیبر بیشتر طی فرایند سرخ‌کردن دچار افت وزنی کمتری شده و به موجب آن درصد بازده محصول بیشتری را نشان دادند.

چروکیدگی به دلیل از دست رفتن رطوبت و دناتوره شدن پروتئین در اثر حرارت ناشی از فرایند پخت رخ می‌دهد (اجاق و همکاران، 1392). در این مطالعه کمترین میزان چروکیدگی در تیمار حاوی 6 درصد فیبرجودوسر مشاهده گردید و میان کلیه تیمارها با تیمار شاهد و فیبر جودوسر5 درصد تفاوت معنی‌دار وجود داشت (p<0/05). میان میزان جذب روغن، از دست رفتن رطوبت و ایجاد چروکیدگی در محصولات غذایی سرخ شده ارتباطی خطی وجود دارد و به‌طورکلی، میان میزان چروکیدگی و مقدار افت رطوبت محصول ارتباط مستقیمی موجود است (Nguyen *et al*., 2009).

با افزودن فیبر به میگوی تقلیدی درصد جذب لعاب نسبت به شاهد افزایش یافت و بیشترین مقدار جذب لعاب مربوط به نمونه‌های حاوی 5 درصد فیبرجودوسر و 6 درصد فیبرگندم بودند. درصد جذب لعاب مقدار لعابی است که به سطح ماده غذایی می‌چسبد و فاکتور مهمی برای محصولات لعاب‌ده شده و سوخاری‌شده می‌باشد. ظاهر، تردی و ضخامت روکش سرخ‌شده نهایی فاکتورهای تعیین‌کننده در علاقه و میل حسی به غذاهای روکش‌دار سرخ‌شده است، و کلیه این ویژگی‌ها ارتباط نزدیکی با درصد جذب لعاب دارد (جمشیدی و همکاران، 1391). مرحله آردزنی برای ایجاد یک سطح خشک در محصول به‌منظور لعاب‌دهی بهتر صورت می‌گیرد، بنابراین به‌نظر می‌رسد یکی از دلایل افزایش جذب لعاب در محصول دارای فیبر، علاوه بر مرحله آردزنی، خاصیت جذب آب فیبر نیز موجب شده تا سطح محصول خشک‌تر شود و لعاب بیشتری توسط محصول دارای فیبر جذب شود.

میزان رطوبت فرآورده‌های گوشتی لعاب‌دهی و سوخاری‌شده پس از سرخ‌کردن، متاثر از ظرفیت نگهداری آب پروتئین می‌باشد (اجاق و همکاران، 1392) که با رطوبت خارج شده از فرآورده تحت فشار رابطه معکوس دارد (Remya *et al*., 2015). به‌علاوه میزان رطوبت و چربی در موادغذایی نسبت معکوس دارند، در نتیجه در صورت کاهش رطوبت تحت فشار، ماده غذایی طی سرخ شدن چربی کمتری جذب می‌کند. رطوبت تحت فشار با افزایش سطوح فیبرها در مقایسه با نمونه شاهد کاهش یافت (P<0/05) و کمترین مقدار مربوط به تیمارهای دارای 6 درصد فیبر بود. این نتایج با مطالعه Talukder & sharma (2010) همخوانی دارد.

بافت‌سنجی

بافت، یکی از مهم‌ترین پارامترهای کیفی گوشت ماهی است و در صنایع فرآوری آبزیان اهمیت زیادی دارد (Jain *et al*., 2007). آنالیز پروفایل بافت (TPA) یک روش علمی و تجربی برای ارزیابی بافت می‌باشد. آنالیز پروفایل بافت مقادیر سختی، خاصیت ارتجاعی، بهم‌پیوستگی، خاصیت چسبندگی و حالت جویدنی را تعیین می‌کند (Alakhrash *et al*., 2016). مطابق با جدول 3، میان تیمار شاهد و

---

1 Fish Patty

2Chicken Meat Patty

سایر تیمارها در کلیه شاخص‌های اندازه‌گیری شده اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (p>0/05) و با افزایش سطوح فیبرها مقدار هر یک از شاخص‌ها افزایش یافت. سختی نیروی بیشینه طی اولین فشردن می‌باشد و از مهمترین پارامترهای کیفیت هنگام ارزیابی بافتی گوشت می‌باشد (Muthia *et al.*, 2010).

جدول 1- تغییرات ترکیب تقریبی و pH میگوی تقلیدی سرخ شده حاوی سطوح مختلف فیبرهای جودوسر و گندم

تیمار	رطوبت	پروتئین	چربی	خاکستر	pH
شاهد	44/61±0/14[c]	25/5±0/94[a]	10/88±1/07[a]	1/80±0/11[a]	7/01±0/01[c]
تیمارحاوی فیبرجودوسر5%	47/76±0/09[b]	26/6±0/61[a]	9/75±0/64[a]	0/88±0/01[b]	7/03±0/00[bc]
تیمارحاوی فیبرجودوسر6%	49/56±0/05[a]	26/03±0/00[a]	6/47±0/21[b]	0/62±0/15[b]	7/05±0/00[b]
تیمارحاوی فیبر گندم5%	47/52±0/05[b]	24/85±0/7[a]	9/92±0/15[a]	0/83±0/00[b]	7/06±0/00[b]
تیمارحاوی فیبر گندم6%	49/06±0/72[a]	24/9±0/27[a]	5/51±0/3[b]	0/82±0/02[b]	7/11±0/01[a]

داده‌ها به‌صورت میانگین سه تکرار± انحراف معیار بیان شده اند. حروف مختلف (a-b) در هر ستون ، نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارها می‌باشد (p<0/05). اعداد مربوط به پروتئین، چربی و خاکستر در وزن تر بیان شده است.

جدول2- تغییرات مقادیر بازده محصول، چروکیدگی، جذب لعاب و رطوبت تحت فشار میگوی تقلیدی سرخ شده حاوی سطوح مختلف فیبرهای جودوسر و گندم

تیمار	بازده محصول	چروکیدگی	جذب لعاب	رطوبت تحت فشار
شاهد	79/37±0/41[b]	-2/72±0/51[b]	11/91±0/4[c]	4/14±0/29[a]
تیمارحاوی فیبرجودوسر5%	87/5±0/57[a]	-2/59±0/26[b]	22/13±0/38[a]	4/35±0/37[a]
تیمارحاوی فیبرجودوسر6%	90/53±0/69[a]	0/00±0/58[a]	15/62±1/11[b]	3/79±0/35[a]
تیمارحاوی فیبر گندم5%	89/17±0/98[a]	-0/30±0/71[a]	19/51±0/76[a]	4/13±0/37[a]
تیمارحاوی فیبر گندم6%	91/68±4/22[a]	-0/48±0/94[a]	22/35±1/46[a]	3/54±0/28[a]

داده‌ها به‌صورت میانگین سه تکرار ± انحراف معیار بیان شده اند. حروف مختلف (a-b) در هر ستون ، نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارها می‌باشد (p<0/05).

در بین تیمارها، شاهد بیشترین مقدار سختی را به‌خود اختصاص داد و بین تیمارهای دارای فیبرجودوسر وگندم تیمار دارای فیبرجودوسر در هر دو سطح نسبت به فیبرگندم بیشترین سختی را نشان داد اما با تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت (p>0/05). Martinez (1989) پیشنهاد کرد که مقدار پروتئین نمونه‌های سوریمی تاثیر زیادی بر سختی ژل‌های سوریمی خواهد داشت وکیفیت پروتئین خاصیت ارتجاعی آن را تحت تاثیر قرار می‌دهد. کاهش درصد پروتئین با افزایش سطح فیبر؛ فاکتور مهمی در کاهش قدرت ژل و سختی است. کاهش سختی به نحوه انتشار پروتئین در شبکه ژل نیز مرتبط می‌باشد (Sa´nchez-Alonso *et al.*, 2007). کاهش رطوبت سوریمی گوشت گاو منجر به بیشتر شدن سختی ژل شد (Kang *et al.*, 2010). به‌نظر می‌رسد افزایش درصد پروتئین و رطوبت با بالا رفتن سطح فیبر سبب افزایش سختی در تیمارهای دارای فیبر شده است. Remya و همکاران (2015) با افزودن نشاسته اصلاح‌شده به میگوی تقلیدی افزایش سختی را مشاهده کردند. چسبندگی به معنی تغییر شکل رخ داده طی گاز زدن محصول می‌باشد (Noordin *et al.*, 2014). در تیمارهای تولیدی، تیمار شاهد بالاترین چسبندگی را نشان داد و در بین تیمارهای دارای فیبر، تیمار حاوی فیبرجودوسر بیشترین مقدار چسبندگی را نشان داد. بهم‌پیوستگی نشان‌دهنده توانایی نمونه به مقاومت در برابر تغییر شکل می‌باشد (Remya et al., 2015). پروتئین‌های میوفیبریل مهم‌ترین نقش را در طی خرد کردن گوشت به‌عنوان مسئول انسجام و بافت سفت محصولات گوشتی بازی می‌کنند (Kang *et al.*, 2010; Xiong, 1997). میزان بهم‌پیوستگی در بین تیمارهای حاوی فیبر از نظر کمی تفاوتی وجود نداشت و بیشترین مقدار بهم‌پیوستگی مربوط به تیمار شاهد بود. این نتایج با نتایج Remya و همکاران (2015) همخوانی نداشت. خاصیت ارتجاعی یکی از ویژگی‌های مهم و شناخته شده محصولات قوام‌یابی شده است و به معنای توانایی محصول در بازگشتن به حالت اولیه هنگام فشردن است (Noordin *et al.*, 2014). بیشترین مقدار این شاخص مربوط به تیمار حاوی 6 درصد فیبرجودوسر می‌باشد. هرچه میزان چسبندگی ژل تولیدی بیشتر باشد، میزان فنریت نیز افزایش می‌یابد (park *et al.*, 2005). قابلیت جویدن مضربی از چسبندگی و ارتجاعیت است. کاهش میزان قابلیت جویدن با کاهش میزان چسبندگی نمونه‌ها ارتباط دارد (Muthia *et al.*, 2010). با بالا رفتن سطح فیبر حالت جویدنی افزایش یافت. بیشترین مقدار حالت جویدنی مربوط به تیمار شاهد بود و تفاوت

معنی‌داری بین شاهد و دیگر تیمارها وجود نداشت ($p>0/05$).

این نتایج با مطالعه Karlović و همکاران (2009) در ارتباط با کاهش سختی و افزایش خاصیت ارتجاعی مطابقت دارد. افزودن فیبرگندم بر کلوچه ماهی نگهداری شده در یخچال، سبب افزایش سختی و خاصیت ارتجاعی و کاهش نیروی چسبندگی و بهم پیوستگی گردید (Cadun *et al*., 2015). در مطالعه Alakhrash و همکاران (2016) افزایش سختی، خاصیت ارتجاعی، بهم پیوستگی و خاصیت چسبندگی و حالت چسبندگی با افزودن فیبرجودوسر به سوریمی آلاسکاپولاک مشاهده گردید. این نوسانات به نوع فیبر مورد استفاده، طول زنجیره آن، همچنین سطح غنی‌سازی و گونه‌های آبزی بستگی دارد. همچنین ثابت نگه‌داشتن مقدار پروتئین و رطوبت ژل‌های سوریمی نیز در میزان این نوسانات تاثیرگذارند (Debusca *et al*., 2014). علاوه بر این در طی تشکیل ژل پروتئین سوریمی، افزودن فیبر پروتئین‌های بستر ژل را رقیق کرده یا می‌شکند و یا پروتئین برای جذب آب رقابت می‌کند (Sa´nchez-Alonso *et al*., 2007).

جدول 3- تغییرات بافتی میگوی تقلیدی سرخ شده حاوی سطوح مختلف فیبرهای جودوسر و گندم

تیمار	سختی (g)	خاصیت چسبندگی (g)	نیروی چسبندگی (gs)	بهم‌پیوستگی	حالت جویدنی (g.mm)	خاصیت ارتجاعی (mm)
شاهد	233/33±36/45[a]	184/38±27/04[a]	-1/89±0/11[a]	0/79±0/00[a]	488/02±99/7[a]	2/62±0/2[a]
تیمارحاوی فیبرجودوسر5%	220/67±20/35[a]	163/4±15/41[a]	-1/86±0/39[a]	0/74±0/00[a]	446/63±63/3[a]	2/7±0/14[a]
تیمارحاوی فیبرجودوسر6%	228/33±17/87[a]	166/4±16/81[a]	-2/14±0/09[a]	0/72±0/02[a]	476/51±53/74[a]	2/86±0/14[a]
تیمارحاوی فیبر گندم5%	170/33±31/03[a]	120/97±19/24[a]	-1/92±0/25[a]	0/72±0/02[a]	339/66±84/92[a]	2/71±0/31[a]
تیمارحاوی فیبر گندم6%	196/5±26/5[a]	141/58±16/95[a]	-2/16±0/12[a]	0/72±0/03[a]	400/11±58/8[a]	2/81±0/17[a]

داده‌ها به صورت میانگین سه تکرار ± انحراف معیار بیان شده اند. حروف مختلف (a-d) در هر ستون ، نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارها می‌باشد ($p<0/05$).

رنگ‌سنجی

یکی از مهم‌ترین پارامترهایی که بر میزان بازارپسندی محصولات روکش‌دار موثر است، رنگ نهایی این محصولات می‌باشد. فرایند سرخ‌کردن باعث کاهش مقدار روشنایی، سفیدی و زردی و افزایش مقدار قرمزی شد. نتایج مربوط به رنگ‌سنجی در جدول 4 آمده است. بیشترین مقدار روشنایی، سفیدی و زردی در تیمار شاهد مشاهده شد. تفاوت در رنگ با نوع ماهیچه ماهی و نوع فیبر افزوده شده مرتبط است. رنگدانه‌های درونی به‌طور طبیعی در گونه‌هایی با ماهیچه تیره بیشترین تاثیر را دارند. به‌نظر می‌رسد افزودن فیبر در ماهیان با گوشت تیره، سبب احاطه شدن رنگدانه‌های تیره توسط فیبر شده و سبب افزایش سفیدی می‌گردد. در حالی که افزودن فیبر در ماهیانی با عضله سفید و فاقد رنگدانه تیره بر سفیدی و روشنایی موثر نمی‌باشد (Debusca *et al*., 2014). تیمار دارای فیبرجودوسر نسبت به فیبرگندم مقدار زردی بیشتری را نشان داد و با افزایش سطح فیبرجودوسر زردی افزایش می‌یابد. افزایش مقدار زردی نمونه‌ها می‌تواند به دلیل حضور رنگدانه‌های کارتنوئیدی موجود در فیبر جودوسر باشد (Alakhrash *et al*., 2016). افزایش قرمزی به دلیل قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی و فرایندکارامله شدن در روکش طی عمل سرخ‌کردن عمیق بود. طی فرایند سرخ‌کردن محصولات لعاب‌دهی و سوخاری‌شده واکنش‌های شیمیایی مختلفی از قبیل غیرطبیعی‌شدن پروتئین‌ها، ژلاتینه‌شدن نشاسته و واکنش قهوه‌ای‌شدن لعاب و پوشش آرد سوخاری رخ می‌دهد که کلیه این واکنش‌ها، باعث ایجاد تغییرات پیچیده در رنگ می‌گردند (Das *et al*., 2013). این نتایج با یافته‌های Sa´nchez-Alonso و همکاران (2006) مطابقت نداشت.

جدول 4- تغییرات رنگ میگوی تقلیدی سرخ شده حاوی سطوح مختلف فیبرهای جودوسر و گندم

تیمار	L^*	a^*	b^*	سفیدی
شاهد	79/73±0/96[a]	3/9±0/00[a]	9/13±0/26[a]	77/42±0/96[a]
تیمارحاوی فیبرجودوسر5%	70/6±0/23[b]	4/16±0/26[a]	8/06±0/26[bc]	69/22±0/24[b]
تیمارحاوی فیبرجودوسر6%	71/4±0/46[b]	4/43±0/26[a]	8/6±0/00[ab]	69/8±0/47[b]
تیمارحاوی فیبر گندم5%	70/2±0/23[b]	4/16±0/26[a]	7/8±0/00[cd]	68/91±0/25[b]
تیمارحاوی فیبر گندم6%	69/8±0/4[b]	4/43±0/26[a]	7/33±0/23[d]	68/6±0/37[b]

داده‌ها به‌صورت میانگین سه تکرار ± انحراف معیار بیان شده اند. حروف مختلف (a-d) در هر ستون ، نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارها می‌باشد ($p<0/05$).

در مطالعه آنها افزودن فیبرگندم به ژل سوریمی ماهی آلاسکاپولاک سفیدی افزایش یافت. Alakhrash و همکاران (2016)

افزودن فیبر جودوسر بـه ژل سـوریمی را سـبب کـاهش روشـنایی و سفیدی نمونه‌ها و افزایش شاخص قرمزی دانستند.

ارزیابی حسی

مطابق با نتایج جدول 5، افزودن فیبر به میگوی تقلیـدی سـبب بهبود برخی شاخص‌های حسی شد اما تفاوت معنـی‌داری (P<0/05) در هیچ یک از شاخص‌های ارزیابی حسی در بین نمونه‌های مختلـف مشاهده نشد. تغییرات در شاخص‌های حسـی در نمونـه‌هـای حـاوی فیبرگندم نسـبت بـه فیبرجودوسـر بهتـر بـود. Remya و همکـاران (2015) با افزودن نشاسته اصلاح شده بـه میگـوی تقلیـدی تفـاوت معنی‌داری در شـاخص‌هـای حسـی مشـاهده نکردنـد (p>0/05). در مطالعه‌ای با افزودن فیبرجودوسر به ناگت مرغ؛ امتیاز بافت ، طعـم و پذیرش کلی به‌طور معنـی‌دار کـاهش و ظـاهر ناگـت بهبـود یافـت (Santhi, & Kalaikannan, 2014).

جدول 5- تغییرات ارزیابی حسی میگوی تقلیدی سرخ شده حاوی سطوح مختلف فیبرهای جودوسر و گندم

تیمار	بافت	طعم	تردی	رنگ	بو	ظاهر	پذیرش کلی
شاهد	6/1±0/56[a]	6/3±0/57[a]	6±0/55[ab]	6/6±0/47[a]	6/6±0/54[a]	6/9±0/45[a]	6/6±0/47[a]
تیمارحاوی فیبرجودوسر5%	6±0/47[a]	5/9±0/43[a]	5/7±0/44[ab]	6/8±0/44[a]	6/2±0/32[a]	6/8±0/41[a]	6/3±0/44[a]
تیمارحاوی فیبرجودوسر6%	5/8±0/53[a]	5/8±0/46[a]	5/3±0/42[b]	6/8±0/38[a]	6±0/39[a]	7/1±0/31[a]	6/2±0/41[a]
تیمارحاوی فیبر گندم5%	6/8±0/24[a]	6/5±0/42[a]	6/7±0/26[a]	6/9±0/37[a]	6/4±0/33[a]	6/6±0/47[a]	6/6±0/33[a]
تیمارحاوی فیبر گندم6%	6±0/44[a]	6/1±0/5[a]	6/4±0/42[ab]	6/6±0/45[a]	6/6±0/49[a]	6/4±0/49[a]	6/2±0/53[a]

داده‌ها به صورت میانگین سه تکرار ± انحراف معیار بیان شده اند. حروف مختلف (a-d) در هر ستون ، نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارها می‌باشد (p < 0/05).

نتیجه‌گیری

نتایج ارزیابی اثر افزودن فیبرهای خوراکی بـه میگـوی تقلیـدی سوخاری‌شده طی سرخ‌کردن عمیق نشان داد که بـا افـزایش سـطح فیبرها، درصد چربی کاهش و درصد رطوبت افزایش یافت. مقدار بازده محصول افزایش یافت. درصد چروکیدگی با افزودن فیبرهـا کـاهش یافـت و کمتـرین میـزان چروکیـدگی در تیمـار حـاوی 6 درصـد فیبرجودوسر مشاهده شد. از نظر ویژگی‌های بافتی نمونه‌های حـاوی فیبر جودوسر نسبت به فیبرگندم و شاهد بهتر بود. با افـزودن هـر دو فیبر روشنایی و سفیدی کاهش یافت. از نظر ارزیـابی حسـی تفـاوت معنی‌داری بین نمونه‌ها مشاهده نشد. با توجه به افـزایش روزافـزون مصرف فرآورده‌های آماده مصرف، می‌توان پیشنهاد کرد که افـزودن فیبرهای خـوراکی در سـطوح بـالا مـی‌توانـد سـبب افـزایش اثـرات سلامت‌بخش و کیفیت این محصولات گردد. بنابراین در این مطالعه با در نظر گرفتن کلیه نتایج افزودن فیبرهای خوراکی در سطوح بـالا مناسب بوده و تیمار حاوی فیبرجودوسر با سطح 6 درصد نسـبت بـه دیگر نمونه‌ها سبب تولید محصول بهتری گردید.

منابع

Akdeniz, N., Sahin, S., & Sumnu, G., 2006, Functionality of batters containing different gums for deep-fat frying of carrot slices. *Journal of Food Engineering*, 75(4):522-526.

Alakhrash, F., Anyanwu, U., & Tahergorabi, R., 2016, Physicochemical properties of Alaska pollock (*Theragra chalcograma*) surimi gels with oat bran. LWT-*Food Science and Technology*, 66, 41-47.

AOAC, 1990, Official methods of analysis (14th ed), Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA.

Benjakul, S., Visessanguan, W., & Srivilai, C., 2001, Gel properties of Bigeye snapper (*Priacanthus tayenus*) surimi as affected by setting and porcine plasma protein. *Journal Food Qual*, 24(5), 453–471.

Chen, C. L., Li, P. Y., Hu, W. H., Lan, M. H., Chen, M. J., & Chen, H. H., 2008, Using HPMC to improve crust crispness in microwave-reheated battered mackerel nuggets: water barrier effect of HPMC. *Journal of Food Hydrocolloids*, *22*(7), 1337-1344.

Cadun, A., Çaklı, Ş., Kışla, D., Dinçer, T., & Erdem, Ö.A., 2015, Effect of fibers on the quality of fish patties stored at (0-4ºC). *Journal of Food and Health Science*, 1(4): 211-219.

Das, K. A., Anjaneyulu, A. S. R., Gadekar, Y.P., Singh, R. P., & Pragati, H., 2008, Effect of full-fat soy past and textured soy granules on quality and shelf-life of goat meat nuggets in frozen storage. *Journal of Meat Science*, 80(3):607-14.

Das, R., Pawar, D. P., Modi, V. K., 2013, Quality characteristics of battered and fried chicken: comparison of pressure frying and conventional frying. Journal of food science and technology, 50(2): 284-292.

Debnath, S., Bhat, K. K., & Rastogi, N. K., 2003, Effect of pre-drying on kinetics of moisture loss and oil uptake

during deep fat frying of chickpea flour-based snack food. LWT-Food Science and Technology, 36(1), 91-98.

Debusca, A., Tahergorabi, R., Beamer, S., Matak, K., and Jaczynski, J., 2014, Physicochemical properties of surimi gels fortified with dietary fiber. Food Chemistry, 148: 70–76.

Elleuch, M., Bendigian, D., Reiseux, O., Besbes, S., Blecker, C., & Attia, H., 2011, Dietary fiber and fiber-rich by-products of food processing: choracterisation, technological functionality and commercial application: A review. *Food Chemistry*, 124(2): 411-421.

Fernández-López, J., Jiménez, S., Sayas-Barberá, E., Sendra, E., & Pérez-Alvarez, J. A., 2006, Quality characteristics of ostrich (*Struthio camelus*) burgers. *Meat science*, 73(2), 295-303.

Hema, K., Shakila R.J., Shanmugam, S.A., & Jeevithan, E., 2015, Processing and storage of restructured surimi stew product in retortable pouches. *Journal of Food Science and Technology*. 52(3):1283–1289.

Himonides, A., Taylor, K. A., & Knowles, M. J., 1999, the improved whitening of cod and haddock flaps using hydrogen peroxide. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 79(6)**:** 845-850.

Jain, D., Pathare, P. B., & manikanta, M.R., 2007, Evaluation of texture parameters of Rohu fish (*Labeo rohita*) during iced storage. *Journal of Food Engineering*, 81(2): 336-340.

Jafarpour, A., & Gorczyca, E. M., 2008, Characteristics of sarcoplasmic proteins and their interaction with surimi and kamaboko gel. Journal of Food Science, *Engineering and Technology*. 91: 750-841.

Jamshidi, A., Shabanpour, B., Rahmanifarah, K., Peyhanbari, S.y., Rostamzad, H., Azaribeh, M., and Barzegar, L, 1391, Investigating the effect of xanthan gum, alginate and carboxymethylcellulose and dehydration conditions on quality of fish finger. *Journal of Research and Innovation in Food Science and Technology*, Vol. 1, No. 4, p. 306-295.

Ježek, D., Brnčić, M., Brnčić, S. R., Karlović, S., Bosiljkov, T., Tripalo, B., & Pukec, D., 2009, Porosity of Deep Fat Fried Breaded Chicken Meat. *Food Technology & Biotechnology*, 47(4).

Kang, G. H., Park, G. B., Joo, S. T., Lee, M., & Lee, S. K., 2010, Effects of muscle fiber types on gel property of surimi-like materials from chicken, pork and beef. *Journal Muscle Foods*, 21(3):570–584.

Kang, G. H., Yang, H. S., Jeong, J.Y., Moon, S. H., Hur, S. J., Park, G. B., & Joo, S. T. 2007. Gel color and texture of surimi-like pork from muscles at different rigorstates post-mortem. A*sian Australasian Journal of Animal Sciences*, 20(7):1127 1134.

Karlović, S., Bosiljkov, T., Ježek, D., Tripalo, B., Brnčić, M., Karlović, D., & Šimunek, M., 2009, Influence of frying time and addition of rice starch on oil uptake and textural properties of fried coated chicken meat. *Croatian Journal of Food Technology, Biotechnology and Nutrition*, 4: (3-4), 116-119.

Lalam, S., Sandhu, J. S., Takhar, P., Thompson, L., & Alvarado, C., 2013, Experimental study on transport mechanisms during deep fat frying of chicken nuggets. LWT-*Food Science and Technology*, 50(1): 110-119.

Lou, Y. K, Pan, D. D., & Ji, B. P., 2004, Gel properties of surimi gel from bighead carp (*Aristichthys nobilis*): Influence of setting and soy protein isolate. *Journal of Food Science*, 69(8): E374-E378.

Mansour, E. H., & Khalil, A. H., 1999, Characteristics of low fat beefburgers as infl uenced by various types of wheat fi bers. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 79(4):493–498.

Martinez, I., 1989, Water retention properties and solubility of the myofibrillar proteins: Interrelationships and possible values as indicators of the gel strength in cod surimi by a multivariate data analysis. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 46(4), 469-479.

Mellema, M., 2003. Mechanism and reduction of fat uptake in deep-fat fried foods. *Trends in food science and technology*, 14(9):364-373.

Modi, V. K., Sachindra, N. M., Nagegowda, P. Mehendrakar, N. S., & Rao, D. N., 2007, Quality changes during the storage of dehydrated chicken kebab mix. *International Journal of Food Science and technology*, 42(7): 827-835.

Muthia, D., Nurul, H., & Noryati, I., 2010, the effects of tapioca, wheat, sago and potato flours on the physicochemical and sensory properties of duck sausage. *International Food Research Journal*, 17(4): 877-884.

Noordin, W. N. M., Shunmugam, N., & Huda. N., 2014, Application of salt solution and vacuum packaging in extending the shelf life of cooked fish balls for home and retail uses. Journal of Food Quality, 37(6): 444-452.

Nguyen, B. E., 2009, Effects of methylcellulose on the quality and shelf-life of deep-fat fried and oven baked chicken nuggets. A Thesis in Food Science, 87P.

Ojagh, S.M., Kazeminiya, S., Jamshidi, A., Shabanpour, B, 1392, the effect of different temperatures of prefrying in canola oil on the quality and amount of oil absorption in different parts of the nugget of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*). *Journal of Aquaculture and Animal Production*. Volume 2, Number 4, Pages 43-59.

Park, J. W., & Lin, T. J., 2005, Surimi: manufacturing and evaluation. Surimi and surimi seafood, 33-106.

Park, J. W., Graves, D., Draves, R., & Yongsawatdigul, J., 2013, 3 *Manufacture of Surimi*. Surimi and Surimi Seafood, 55-96.

Parvane, V. 1377, Quality control and chemical testing of food. Sixth edition, Tehran University Press 33, p 325.

Remya, S., Basu, S., Venkateshwarlu, G., & Mohan, C. O., 2015, Quality of shrimp analogue product as affected by addition of modified potato starch. *Journal of food science and technology*, 52(7): 4432-4440.

Saguy, I. S., & Pinthus, E. J., 1995, Oil uptake during deep-fat frying: factors and mechanism. *Food technology* (USA).

Sanjuás-Rey, M., Pourashouri, P., Barros-Velázquez, J., & Aubourg, S. P., 2012, Effect of oregano and thyme essential oils on the microbiological and chemical quality of refrigerated (4° C) ready-to-eat squid rings. *International Journal of Food Science & Technology*, 47(7):1439-1447.

Sa´nchez-Alonso, I., Solas, M., & Borderías, A.J., 2007, Technological implications of addition of wheat dietary fibre togiant squid (*Dosidicus gigas*) surimi gels. *Journal of Food Engineering*, 81(2): 404–411.

Sa´nchez-Alonso, I., Haji-Maleki, R., & Borderías, A.J., 2006, Effect of wheat fibre in frozen stored fish muscular gels. *European Food Research and Technology*, 223(4): 571–576.

Santhi, D., & Kalaikannan, A., 2014, The Effect of the Addition of Oat Flour in Low-Fat Chicken Nuggets. *Journal Nutrition and Food Sciences*, 4: 260.

Song, Y., Liu, L., Shen, H., You, J., & Luo, Y., 2011, Effect of sodium alginate-based edible coating containing different anti-oxidants on quality and shelf life of refrigerated bream (*Megalobrama amblycephala*). *Food Control*, 22(3): 608-615.

Tahergorabi, R., Beamer, S. K., Matak, k. E., & Jaczynski, J., 2012, Salt substitution in surimi seafood and its effects on instrumental quality attributes. LWT - *Food Science and Technology*, 48(2): 175-181.

Tosh, S. M., & Yada, S., 2010, Dietary fibres in pulse seeds and fractions: Characterization, functional attributes, and applications. *Food Research International*, 43(2) :450–460.

Talukder, S., & Sharma, D. P., 2010, Development of dietary fiber rich chicken meat patties using wheat and oat bran. *Journal Food Science and Technology*, 47(2):224–229.

Xiong, Y. L., 1997, Structure-function relationships of muscle protein. *Food Science and Technology*-New York-Mmarcel Dekker, pp, 341-392.

Yılmaz, I., & Dağlıoğlu, O., 2003, The effect of replacing fat with oat bran on fatty acid composition and physicochemical properties of meatballs. *Meat Science*, 65(2): 819-823.

Zamanineghad, SH., Shabanpour, B., Shabani, A, 1394, Effect of Consistency with Differential Heat on the Physico-chemical Properties of Surimi Mushroom Carp (*Cyprinuscarpio*). Volume 5, Issue 1, Year 17, Pages 89-77.

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 14, No. 1, Apr. May. 2018, p. 207- 217

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد 14، شماره 1، فروردین-اردیبهشت 1397 ص. 217-207

Effect of wheat and oat dietary fibers on quality and prevention of shrimp analogue products deformation during deep frying

S. Heydari[1], B. Shabanpour[2*], P. Pourashouri[3]

Received: 2015.09.03
Accepted: 2016.06.23

Introduction: One of the most important factors in the production of bread products is the frying process. Deep frying by moving a water mass separated from the product to the outside can cause deformation and fracture of the crust of bread products, therefore, This study aimed to evaluate the effect of adding edible wheat and oat dietary fibers and prevent deformation quality of shrimp analogue products, as a value-added product produced from surimi.

Materials and Methods: The shrimps analogue were produced of Hypophthalmichthys molitrix fish surimi by using a composite-molded method with preparation filament of surimi in five treatments including a fiber-free treatment and four others have 5 and 6 percent oats and wheat fiber; coating, pre-fried and were frozen. In order to perform experiments, the shrimp's analogue were thawed and fried.

Results and Discussion: The results showed that the highest amount of moisture and the lowest amount of fat were in treatments containing 6% 49.06 and 5.51 wheat fiber respectively and 49.56 and 6.47 oat fiber respectively ($p<0.05$). Treatments with 6% oat fiber without shrinkage (0%) and the highest percentage of shrinkage was observed in control ($p<0.05$). Texture characteristics such as hardness, gumminess, chewiness and springiness were increased by adding fiber compared to the control, but these characteristics were higher in samples containing oat fiber compared to wheat fiber($p<0.05$). The sensory evaluation was not different between treatments ($p<0.05$). The results indicated on the influence of the use of fibers in absorbing moisture and preventing of deformation of produced products and Adding 6% oat fiber compared with wheat fiber was a more favorable effect on the texture properties and deformation resulting from frying and the optimal treatment was evaluated.

Keywords: texture and physical properties, dietary fiber, shrimp analogue

1. Former MSc Student , Department of seafood Processing Group, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran
2. Professor, Department of seafood Processing Group, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran
3. Assistant Professor, Department of seafood Processing Group, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran
(* - Corresponding Author Email: b_shabanpour@yahoo.com)